

АНОДНОЕ ПОВЕДЕНИЕ ОЛОВЯННОГО БАББИТА SnSb11Cu6 С ЛИТИЕМ В СРЕДЕ РАСТВОРА NaCl

¹И.Н. Ганиев, ²С.С. Саидов, ¹М.М. Махмадизода, ³Ш.Ш. Окилов., ⁴И.Ш. Идиев

¹Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими, г. Душанбе, Республика Таджикистан

²Филиал Национального исследовательского технологического университета «МИСИС» в г. Душанбе, Душанбе, Таджикистан

³Институт химии им. В.И. Никитина НАНТ, Душанбе, Таджикистан

⁴Таджикский национальный университет, Душанбе, Таджикистан

В работе исследовано влияние легирования литием на анодное поведение и коррозионную стойкость оловянного баббита SnSb11Cu6 в хлоридсодержащих средах. Рассмотрены области применения баббитов в машиностроении, энергетике, судостроении и транспортной промышленности; отмечено, что их востребованность обусловлена сочетанием антифрикционных свойств, износостойкости и коррозионной устойчивости. Объектом исследования выступил сплав SnSb11Cu6 (на основе высокочистых олова, сурьмы и меди) с добавками лития в диапазоне 0,01–1,0 мас. %; плавку проводили в шахтной печи при 650 °С. Электрохимические характеристики изучали потенциостатическим методом в потенциодинамическом режиме (скорость развёртки – 2 мВ/с) на приборе ПИ-50-1.1 в растворах NaCl концентрацией 0,03, 0,3 и 3,0 %; использовали трёхэлектродную схему с хлорсеребряным электродом сравнения и платиновым вспомогательным электродом. Поверхность образцов подготавливали шлифовкой с последовательным уменьшением зернистости и дополнительной полировкой; для удаления оксидных плёнок применяли катодную поляризацию. Определены ключевые электрохимические параметры: потенциал свободной коррозии, потенциал питтингообразования, потенциал репассивации, ток и скорость коррозии (рассчитанная через электрохимический эквивалент олова). Установлено, что потенциал свободной коррозии стабилизируется примерно через 50 минут после погружения образца в электролит. Выявлена закономерность: рост содержания лития в сплаве вызывает смещение потенциалов коррозии, питтингообразования и репассивации в положительную область во всех исследованных средах.

Ключевые слова: оловянный баббит SnSb11Cu6 ; потенциал коррозии; литий, потенциостатический метод; потенциал питтингообразования; раствор NaCl ; скорость коррозии.

РАФТОРИ АНОДИИ ХҶЛАИ БАББИТИ ҚАЛЪАГИИ SnSb11Cu6 БО ЛИТИЙ ДАР МУҲИТИ МАҲЛУЛИ NaCl

И.Н. Ганиев, С.С. Саидов, М.М. Махмадизода, Ш.Ш. Окилов, И.Ш. Идиев

¹Донишгоҳи техники Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ, ш. Душанбе, Ҷумҳурии Тоҷикистон

²Филиали Донишгоҳи миллии тадқиқотии технологӣ «МИСИС» дар шаҳри Душанбе, Душанбе, Ҷумҳурии Тоҷикистон

³Институти химия ба номи В.И. Никитини Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон, Душанбе, Ҷумҳурии Тоҷикистон

⁴Донишгоҳи миллии Тоҷикистон, Душанбе, Ҷумҳурии Тоҷикистон

Дар мақола таъсири ҷавҳаронидан ба литий ба рафтори анодӣ ва устувории коррозионии баббити қалъагии SnSb11Cu6 дар муҳитҳои дорои хлорид тадқиқ карда шудааст. Соҳаҳои истифодаи баббитҳо дар мошинсозӣ, энергетика, киштисозӣ ва саноати нақлиёт баррасӣ шудаанд; қайд гардидааст, ки серхаридории онҳо ба нишон додани хосиятҳои антифрикционӣ, тобоварӣ ба ҳӯрдашавӣ ва устуворӣ ба коррозия вобаста аст. Объекти тадқиқот ҳулаи SnSb11Cu6 (дар заминаи қалъагӣ, сурма ва миси дорои тозагии баланд) бо иловаҳои литий ба андозаи 0,01–1,0% мас. мебошад; гудозиш дар кӯраи шахтавӣ дар ҳарорати 650 °С гузаронида шуд. Таъсироти электрохимиявӣ бо усули потенциостатикӣ дар режими потенциодинамикӣ (суръати тасниф – 2 мВ/с) дар асбоби ПИ-50-1.1 дар маҳлулҳои NaCl бо консентратсияи 0,03, 0,3 ва 3,0% омӯхта шуданд; схемаи сеэлектродӣ бо электроди муқоисавии хлорнукрагӣ ва электроди ёрирасони платинӣ истифода шуд. Сатҳи намунаҳо тавассути суфтан бо камшавии пайдарпайи андозаи донаҳо ва сайқалдиҳии иловагӣ омода карда шуд; барои нест кардани пардаҳои оксидӣ поляризатсияи катодӣ истифода гардид. Нишондиҳандаҳои калидии электрохимиявӣ муайян карда шуданд: потенциали коррозияи озод, потенциали питтингҳосилшавӣ, потенциали репассиватсия, ҷараён ва суръати коррозия (ки тавассути эквиваленти электрохимиявии қалъагӣ ҳисоб карда шудааст). Муайян карда шуд, ки потенциали коррозияи озод тақрибан пас аз 50 дақиқа ба электролит андохтани намуна устувор мегардад. Қонуниятҳои ошкор карда шуд: афзоиши миқдори литий дар ҳула боиси ба самти мусбат кӯчидани потенциалҳои коррозия, питтингҳосилшавӣ ва репассиватсия дар тамоми муҳитҳои тадқиқшуда мегардад.

Калидвожаҳо: баббити қалъагӣ SnSb11Cu6 ; литий, усули потенциостатикӣ; маҳлули NaCl ; потенциали зангзанӣ; потенциали питтинг; суръати зангзанӣ.

ANODIC BEHAVIOR OF TIN BABBIT ALLOYS SnSb11Cu6 WITH LITHIUM IN A NaCl SOLUTION MEDIUM

I.N. Ganiev, S.S. Saidov, M.M. Makhmadizoda, Sh.Sh. Okilov, I.Sh. Idiev

¹Tajik Technical University named after Academician M.S. Osimi, Dushanbe, Tajikistan²Dushanbe Branch of the National University of Science and Technology "MISiS", Dushanbe, Tajikistan³V.I. Nikitin Institute of Chemistry of the National Academy of Sciences of Tajikistan, Dushanbe, Tajikistan⁴Tajik National University, Dushanbe, Tajikistan

The paper studies the effect of lithium alloying on the anodic behavior and corrosion resistance of tin babbitt SnSb11Cu6 in chloride-containing environments. The paper considers the areas of babbitt application in mechanical engineering, power engineering, shipbuilding and transport industries; it is noted that their demand is due to a combination of antifriction properties, wear resistance and corrosion resistance. The object of the study was SnSb11Cu6 alloy (based on high-purity tin, antimony and copper) with lithium additives in the range of 0.01–1.0 wt. %; melting was carried out in a shaft furnace at 650 °C. The electrochemical characteristics were studied by the potentiostatic method in the potentiodynamic mode (scan rate - 2 mV/s) on a PI-50-1.1 device in NaCl solutions with a concentration of 0.03, 0.3 and 3.0%; A three-electrode circuit with a silver chloride reference electrode and a platinum auxiliary electrode was used. The sample surfaces were prepared by grinding with a successive reduction in grain size and additional polishing; cathodic polarization was used to remove oxide films. Key electrochemical parameters were determined: free corrosion potential, pitting potential, repassivation potential, current, and corrosion rate (calculated using the electrochemical equivalent of tin). It was found that the free corrosion potential stabilizes approximately 50 minutes after immersion of the sample in the electrolyte. A pattern was revealed: an increase in the lithium content in the alloy causes a shift in the corrosion, pitting, and repassivation potentials toward the positive region in all studied environments.

Keywords: tin babbitt SnSb11Cu6; lithium, potentiostatic method; NaCl solution; corrosion potential; pitting potential; corrosion rate.

Введение

В современной практике широко применяются различные материалы, однако о некоторых из них пользователи обладают недостаточным объемом информации. К числу широко применяемых антифрикционных материалов относятся баббиты. Баббиты - металлические сплавы на основе свинца, в состав которых вводятся небольшие количества легирующих компонентов. Благодаря совокупности эксплуатационных свойств и разнообразию областей использования данные материалы занимают важное место как в промышленной сфере, так и в повседневной практике. Легированные оловянные сплавы характеризуются высокими антифрикционными свойствами, что обуславливает их широкое применение при изготовлении деталей и узлов машин, работающих в условиях трения и скольжения. Существенным преимуществом оловянных баббитов является их относительно невысокая стоимость, которая нередко становится определяющим фактором при выборе материала для решения различных инженерно-технических задач. Помимо этого, такие сплавы обладают повышенной устойчивостью к коррозионному воздействию, что обеспечивает возможность их эффективной эксплуатации в условиях повышенной влажности и при непосредственном контакте с водной средой [1].

Баббиты — это сплавы, используемые для изготовления подшипников скольжения. Впервые они были созданы американским изобретателем Исааком Баббитом в 1839 году, откуда и получили свое название. Основные компоненты баббитов включают олово, медь и сурьму, хотя в некоторых случаях используются свинцовые баббиты, в которых олово заменено на свинец. Эти сплавы характеризуются высокой износостойкостью и хорошими антифрикционными свойствами, что делает их идеальными для применения в условиях высокой нагрузки и трения. Баббиты широко применяются в машиностроении, особенно в двигателях и турбинах [2].

Оловянные баббиты относятся к группе антифрикционных сплавов, основой которых служит олово, легированное такими элементами, как медь и сурьма. Данные материалы широко применяются для заливки подшипников скольжения, предназначенных для эксплуатации при высоких скоростях вращения, средних и повышенных нагрузках, а также в условиях сравнительно низких температур. Применяются в турбинах, прокатных станах, дизелях, компрессорах и тяжелом машиностроении. Оловянные баббиты характеризуются высоким содержанием олова, доля которого, как правило, составляет 80–90 %, а также наличием легирующих добавок меди и сурьмы. Подобное соотношение компонентов формирует благоприятную структуру сплава, обеспечивающую высокую

механическую прочность, повышенную коррозионную стойкость и выраженные антифрикционные свойства. Благодаря совокупности указанных характеристик данные материалы находят широкое применение в узлах трения машин и механизмов, эксплуатируемых при значительных нагрузках и высоких скоростях скольжения [3, 4].

Основная область применения – это машиностроение, где они используются для изготовления подшипников двигателей, турбин, компрессоров и других вращающихся механизмов. Их свойства позволяют минимизировать трение и износ, что увеличивает срок службы оборудования и снижает затраты на техническое обслуживание [5].

Кроме того, баббиты находят применение в судостроении, энергетике и транспортной промышленности. В судостроении они используются в подшипниках судовых двигателей и валов, что обеспечивает надежную и долговечную работу в условиях высокой влажности и коррозионной активности. В энергетике применяются в турбинах и генераторах, где важна высокая нагрузочная способность и устойчивость к нагреву. В транспортной промышленности они используются в железнодорожных и автомобильных подшипниках, обеспечивая плавность хода и долговечность деталей [6].

Баббиты также применяются в производстве крупных промышленных машин и станков, где надежность и долговечность подшипников являются критически важными параметрами [6].

Целью данного сообщения является исследование анодного поведения оловянного баббита $\text{SnSb}_{11}\text{Cu}_6$, легированного литием, в среде раствора NaCl различной концентрации.

Материалы исследования

В качестве исходного материала использовали оловянный баббит состава $\text{SnSb}_{11}\text{Cu}_6$, полученный на основе высокочистых металлических компонентов. В экспериментах использовали высококачественные исходные металлы: олово марки О1 ($\text{Sn} \geq 99,99\%$ согласно ГОСТ 860–75), сурьму марки Су00 ($\text{Sb} \geq 99,99\%$ по ГОСТ 1089–82) и медь марки М0 ($\text{Cu} \geq 99,99\%$ по ГОСТ 859–2014). Для легирования сплава $\text{SnSb}_{11}\text{Cu}_6$ вводили металлический литий марки ЛиВ ($\text{Li} \geq 99,9\%$ по ГОСТ 8595–79). Плавку и добавление легирующего агента выполняли в лабораторной шахтной печи СШОЛ при 650°C . Концентрацию лития изменяли от 0,01 до 1,0 мас. %. Электрохимические свойства сплавов изучали на цилиндрических пробах диаметром 8 мм и длиной 140 мм, отлитых из расплава в графитовую форму (изображена на рис. 1). Анализ проводили потенциостатическим методом, изложенным в источниках [8].



Рисунок 1 - Образцы $\text{SnSb}_{11}\text{Cu}_6$ с добавками лития
Figure 1 – $\text{SnSb}_{11}\text{Cu}_6$ samples with lithium additives

Методика исследования

Электрохимические свойства образцов определяли потенциостатическим методом в потенциодинамическом режиме на приборе ПИ-50-1.1 при скорости развертки 2 мВ/с. Тестирование осуществляли в водном растворе хлорида натрия (NaCl). Электрохимическая ячейка функционировала по трехэлектродной схеме: в качестве электрода сравнения использовали

хлорсеребряный электрод, тогда как вспомогательным электродом служил платиновый. Следует отметить, что состояние поверхности рабочего электрода оказывает заметное влияние на величину регистрируемого потенциала. В связи с этим исследования изменения потенциала во времени проводили с применением двух различных способов подготовки поверхности образцов.

Механическая обработка заключалась в последовательном шлифовании поверхности образца абразивной наждачной бумагой с постепенным переходом от более крупной зернистости к более мелкой (№ 2–00). После завершения шлифования образцы тщательно промывали дистиллированной водой, затем осуществляли дополнительную полировку с использованием увлажнённой фильтровальной бумаги. На заключительном этапе образцы подвергали естественной сушке на воздухе.

Исследования показали, что через некоторое время потенциал свободной коррозии (бестоковый потенциал) стабилизируется и перестает зависеть от метода предварительной обработки поверхности электрода. Учитывая это, поверхность проб для регистрации потенциодинамических кривых подготавливали механически, дополняя катодной поляризацией для удаления оксидных пленок.

Процедура регистрации поляризационных кривых сплавов в хлоридсодержащей среде проиллюстрирована на примере оловянного баббита SnSb11Cu6 (рис. 2). В ходе электрохимических тестов пробы подвергали потенциодинамической анодной поляризации — от установившегося потенциала после погружения в электролит до скачка плотности тока, указывающего на начало питтингообразования (рис. 2, кривая I). Далее поляризацию обращали в обратном направлении (рис. 2, кривые II и III) до $-1,3$ В. В данных условиях происходило растворение ранее сформировавшейся оксидной плёнки на поверхности образца. Затем поляризацию повторяли в анодном направлении, фиксируя соответствующую кривую сплава (рис. 2, кривая IV). На рис. 2 приведен полный набор потенциодинамических кривых для оловянного баббита SnSb11Cu6 , полученных в 3,0%-ном водном растворе NaCl.

В процессе регистрации полной поляризационной зависимости рассчитывали ключевые электрохимические характеристики:

- $E_{\text{ст.}}$ или $E_{\text{св.кор.}}$ — стационарный потенциал или потенциал свободной коррозии;
- $E_{\text{р.п.}}$ — потенциал репассивации;
- $E_{\text{п.о.}}$ — потенциал питтингообразования;
- $E_{\text{кор.}}$ — потенциал коррозии;
- $i_{\text{кор.}}$ — ток коррозии.

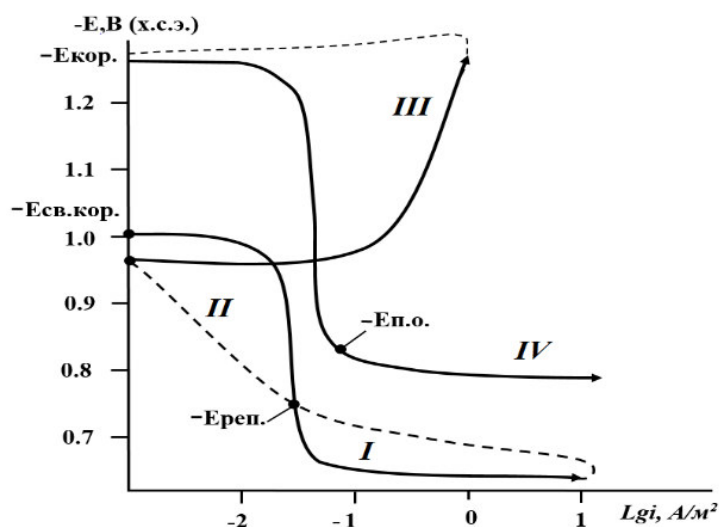


Рисунок 2 – Полная потенциодинамическая поляризационная кривая (2 мВ/с) оловянного баббита SnSb11Cu6 в 3,0%-ном растворе NaCl

Figure 2 – Complete potentiodynamic polarization curve (2 mV/s) of tin-based babbitt SnSb11Cu6 in a 3.0% NaCl solution

Поскольку в нейтральных электролитах коррозия сплавов ограничена катодным процессом ионизации кислорода, ток коррозии $i_{\text{корр}}$ рассчитывали по катодной ветви потенциодинамических кривых с учетом тафелевской константы равной 0.12В.

Скорость коррозии определяли по формуле:

$$K = i_{\text{корр}} \cdot k,$$

где $k = 1,108 \text{ г/А} \cdot \text{ч}$ - электрохимический эквивалент олова.

Результаты и их обсуждение

Анализ изменения потенциала свободной коррозии во времени для оловянного баббита состава SnSb11Cu6, легированного добавками лития, в растворе NaCl (рис. 3) показывает, что по мере выдержки образцов в электролите наблюдается постепенное смещение потенциала в положительную область. Указанная тенденция проявляется независимо от концентрации лития в составе исследуемого сплава.

Установлено, что спустя приблизительно 50 мин после погружения образца в электролит значение потенциала свободной коррозии достигает устойчивого уровня и далее практически не изменяется. Таким образом, после указанного времени в системе устанавливается стационарное состояние, что подтверждается данными, представленными на рисунке 3.

Анализ полученных данных электрохимических испытаний оловянного баббита SnSb11Cu6 с добавками лития в качестве легирования в NaCl-растворах разной концентрации выявил универсальную тенденцию: рост доли лития в сплаве вызывает положительное смещение потенциалов коррозии, питтингообразования и репассивации во всех изученных средах. Это указывает на существенное влияние лития на электрохимические свойства материала (табл. 1).

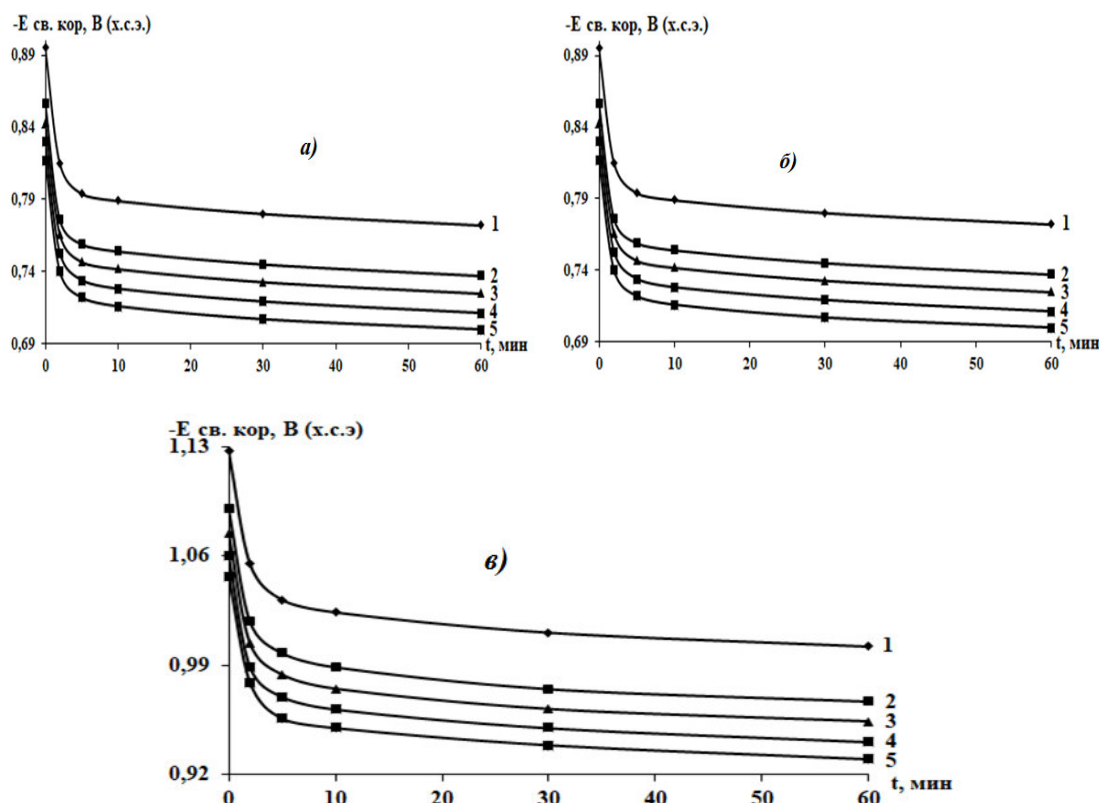


Рисунок 3 – Временная зависимость потенциала свободной коррозии ($-E_{\text{св. кор.}}, \text{В}$) оловянного баббита SnSb11Cu6 (1), содержащего литий, мас. %: 0,05 (2); 0,1 (3); 0,5 (4); 1,0 (5), в среде раствора 0.03% (а), 0.3% (б) и 3.0%-ного (в) NaCl

Figure 3 – Time dependence of the free corrosion potential ($-E_{\text{св. кор.}}, \text{В}$) of tin-based babbitt SnSb11Cu6 (1) containing lithium additives with mass fractions of 0.05 (2); 0.1 (3); 0.5 (4); and 1.0 wt.% (5) in 0.03% (a), 0.3% (b), and 3.0% (c) NaCl solutions

Таблица 1 - Коррозионно-электрохимические свойства оловянного баббита SnSb11Cu6, легированного литием, в растворе NaCl

Table 1 – Corrosion-electrochemical properties of lithium-alloyed tin-based babbitt SnSb₁₁Cu₆ in NaCl solution

Среда NaCl	Содержание лития в сплаве баббите мас. %	Электрохимические потенциалы, В (х.с.э.)				Скорость коррозии	
		$-E_{св.кор.}$	$-E_{кор.}$	$-E_{п.о.}$	$-E_{р.л.}$	$i_{кор} \cdot 10^2, \text{А/м}^2$	$K \cdot 10^3, \text{г/м}^2 \cdot \text{ч}$
0.03	SnSb11Cu6	0.772	1.160	0.680	0.641	5.9	65.3
	0.05	0.737	1.127	0.642	0.590	5.7	63.1
	0.1	0.725	1.112	0.634	0.581	5.5	60.9
	0.5	0.711	1.104	0.627	0.574	5.3	58.7
	1.0	0.700	1.096	0.618	0.566	5.1	56.5
0.3	SnSb11Cu6	0.885	1.220	0.760	0.710	7.8	86.4
	0.05	0.849	1.182	0.727	0.657	7.6	84.2
	0.1	0.836	1.173	0.719	0.646	7.4	81.9
	0.5	0.823	1.164	0.710	0.637	7.2	79.7
	1.0	0.811	1.157	0.702	0.629	7.0	77.5
3.0	SnSb11Cu6	1.002	1.270	0.825	0.750	9.6	106
	0.05	0.967	1.247	0.782	0.698	9.4	104
	0.1	0.954	1.223	0.763	0.690	9.2	101
	0.5	0.941	1.215	0.754	0.682	9.0	99.7
	1.0	0.930	1.207	0.742	0.673	8.8	97.5

Зависимость скорости коррозии оловянного баббита SnSb11Cu6 добавлением лития от концентрации NaCl (0,03; 0,3 и 3,0%) показана на рисунке 4. Экспериментальные результаты демонстрируют, что добавление лития в состав сплава приводит к заметному снижению скорости коррозионного разрушения во всех исследованных электролитических средах. Одновременно наблюдается прямое влияние концентрации хлорид-ионов: её увеличение вызывает рост скорости коррозии (рис. 5).

Анализ данных показывает, что минимальные значения как скорости коррозии, так и плотности коррозионного тока достигаются при содержании лития в баббите на уровне 1,0 мас. %, что указывает на выраженный ингибирующий эффект данного легирующего элемента на электрохимическое поведение сплава.

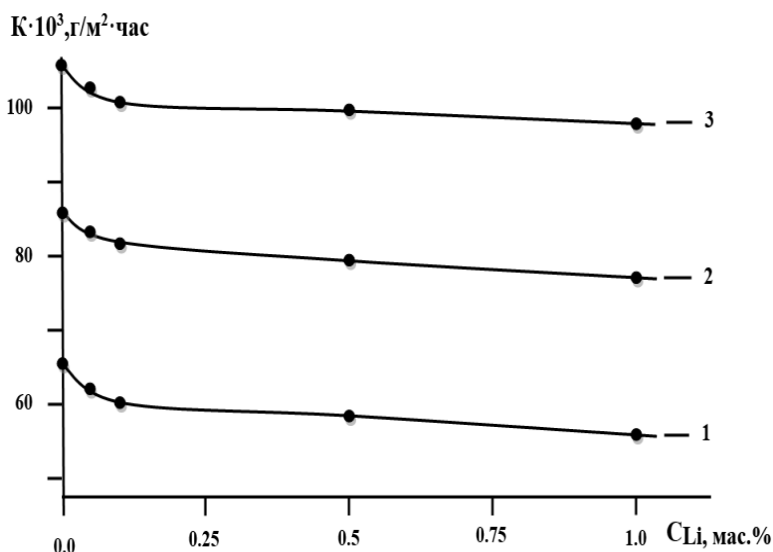


Рисунок 4 – Зависимость скорости коррозии оловянного баббита SnSb11Cu6 с литием в среде раствора 0,03(1); 0,3(2); 3,0%-ного (3) NaCl

Figure 4 – Dependence of the corrosion rate of lithium-containing tin-based babbitt SnSb₁₁Cu₆ in 0.03% (1), 0.3% (2), and 3.0% (3) NaCl solutions

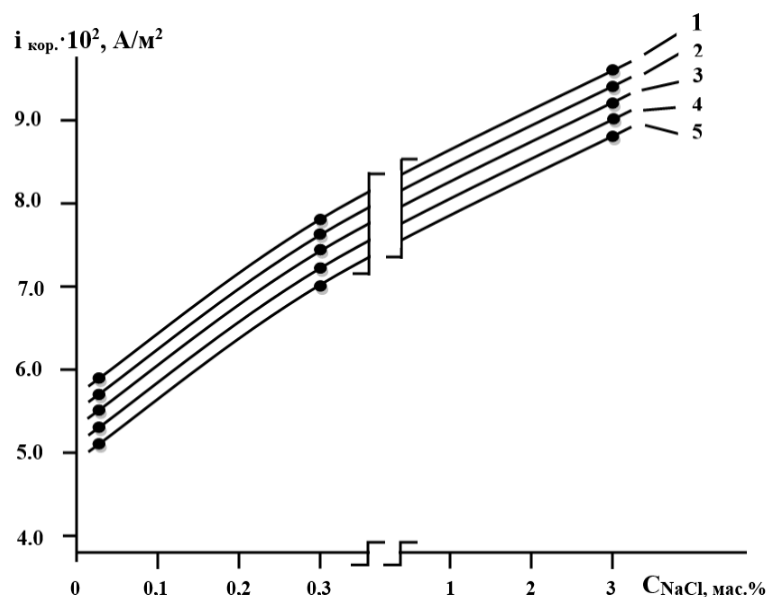
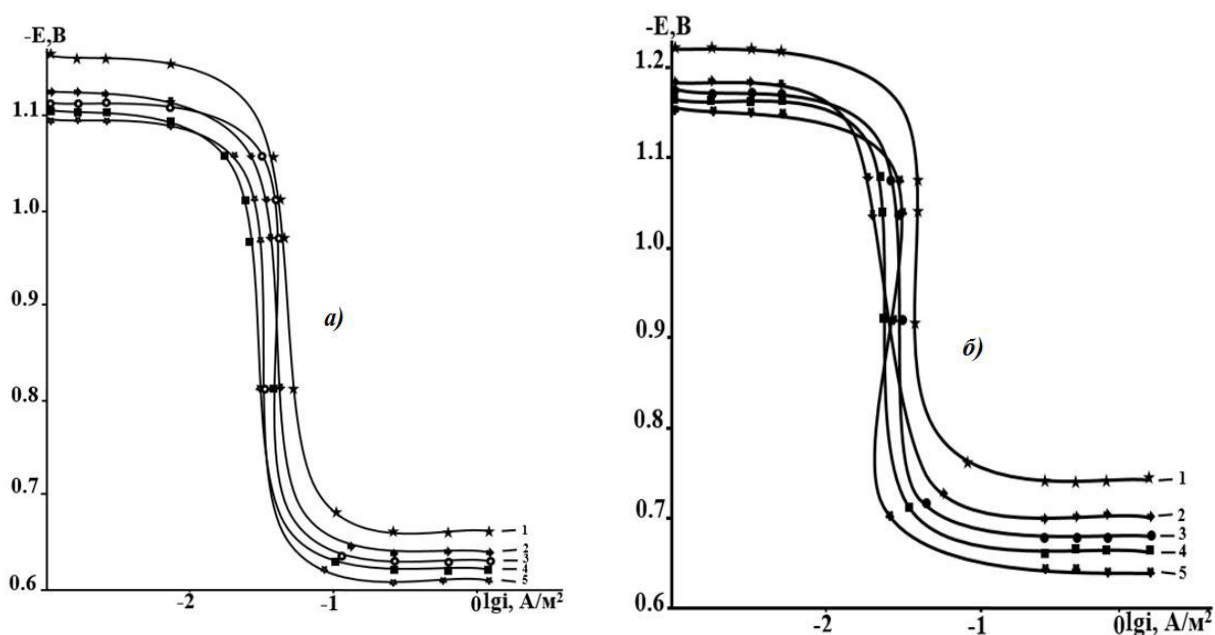


Рисунок 5 – Зависимость плотности тока коррозии оловянного баббита SnSb11Cu6 (1), содержащего литий, мас. %: 0.05(2); 0.1(3); 0.5(4); 0.1(5), от концентрации NaCl

Figure 5 – Dependence of the corrosion current density of tin-based babbitt SnSb₁₁Cu₆ (1) containing lithium additives with mass fractions of 0.05 (2), 0.1 (3), 0.5 (4), and 1.0 wt.% (5) on the NaCl concentration

Анодные ветви потенциостатических кривых оловянного баббита SnSb11Cu6 с литием представлены на рис. 6. Установлено, что с увеличением содержания лития наблюдается смещение потенциалов свободной коррозии ($E_{св.кор.}$) и потенциала питтингообразования ($E_{п.о.}$) в сторону более положительных значений. Одновременно отмечается снижение плотности коррозионного тока исследуемых сплавов. Данные изменения сопровождаются сдвигом анодных ветвей потенциодинамических кривых сплава SnSb11Cu6, легированного литием, в область более высоких (положительных) потенциалов.



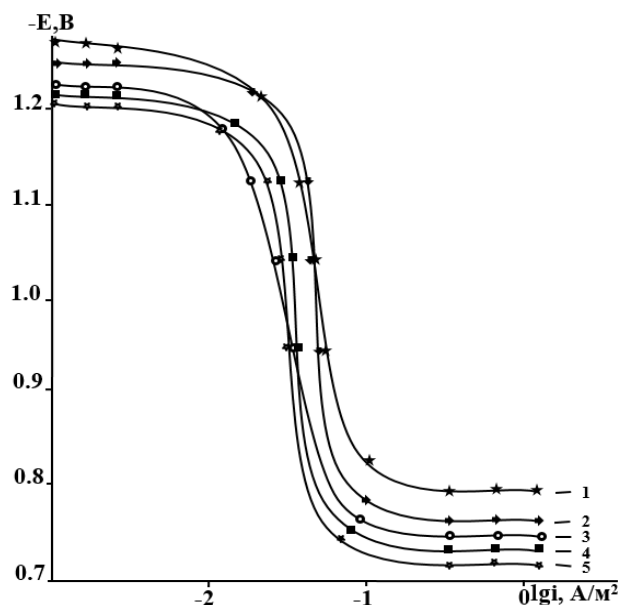


Рисунок 7 – Потенциодинамические анодные поляризационные (2 мВ/с) кривые оловянного баббита $\text{SnSb}_{11}\text{Cu}_6$ (1), содержащих литий, мас. %: 0,05 (2); 0,1 (3); 0,5 (4); 1,0 (5), в среде раствора 0,03 % (а), 0,3 % (б) и 3,0 %-ного (в) NaCl
 Figure 7 – Potentiodynamic anodic polarization curves (2 mV/s) of tin-based babbitt $\text{SnSb}_{11}\text{Cu}_6$ (1) containing lithium additives with mass fractions of 0.05 (2), 0.1 (3), 0.5 (4), and 1.0 wt.% (5) in 0.03% (a), 0.3% (b), and 3.0% (c) NaCl solutions

Выводы

Наличие лития в оловянном баббите $\text{SnSb}_{11}\text{Cu}_6$ приводит к снижению скорости анодной коррозии, что свидетельствует о повышении коррозионной устойчивости данного сплава. Улучшение коррозионной стойкости оловянного баббита $\text{SnSb}_{11}\text{Cu}_6$ с добавлением щелочного металла связано с его воздействием на структуру материала.

Введение лития в состав сплава приводит к смещению потенциалов коррозии, инициирования питтинговой коррозии и процессов репассивации в положительную область, что обеспечивает снижение скорости коррозионного разрушения исходного сплава примерно на 15 %. Одновременно такая модификация существенно повышает устойчивость материала к питтинговой коррозии, улучшая его эксплуатационные характеристики в агрессивных средах.

Рецензент: Бердиев А.Э. – д.т.н., профессор кафедры «Химии и биологии» Российско-Таджикского (Славянского) университета

Литература

1. Тарельник, В. Б. Прирабочные покрытия подшипников скольжения / В. Б. Тарельник, Б. Антошевский, В. С. Марцинковский // Вестник ХНТУСГ им. П. Василенко. – 2015. – № 159. – С. 90–104.
2. ГОСТ 1320-74. Баббиты оловянные и свинцовые. Технические условия. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001.
3. Бешевли, О. Б. Особенности теплового состояния баббитов при механической обработке / О. Б. Бешевли, Т. А. Дуюн // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. – 2010. – № 2(85). – С. 75–81.
4. Чуев, К. В. Моделирование теплового состояния баббита в процессе фрезерования / К. В. Чуев, О. Б. Бешевли, Т. А. Дуюн // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. – 2010. – № 2(85). – С. 96–101.
5. Резай, Б. Влияние температуры отливки сплава Pb-Sb-Sn для решётки пластины аккумуляторной батареи на поляризацию при выделении кислорода в свинцовых кислотных аккумуляторах / Б. Резай, К. В. Чуев // Электрохимия. – 2006. – Т. 42, № 4. – С. 401–405.
6. Jauch, U. Thermophysical Properties in the System Li-Pb . Pt. I–III / U. Jauch, G. Haase, V. Karcher, B. Schulz // Kernforschungszentrum Karlsruhe Report 4144. – 1986. – 82 p.
7. Ганиев, И. Н. Анодное поведение свинцово-сурьмяного сплава SSu_3 с калием в среде электролита NaCl / И. Н. Ганиев, Ш. Ш. Окилов, Б. Б. Эшов, Н. М. Муллоева, Ж. Х. Джайлоев // Материаловедение. – 2022. – № 12. – С. 33–38.
8. Исмонов, Р. Д. Влияние галлия и таллия на микроструктуру и механические свойства алюминий-бериллиевого сплава / Р. Д. Исмонов, А. М. Сафаров, С. С. Раджабаев, С. Т. Бадурдинов // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2024. – № 1(65). – С. 65–68.

Reference

1. Tarelnik, V. B. Running-in Coatings of Plain Bearings / V. B. Tarelnik, B. Antoshevsky, V. S. Martsinkovsky // Bulletin of Kharkiv National Technical University of Mechanical Engineering named after P. Vasilenko. - 2015. - No. 159. - P. 90-104.
2. GOST 1320-74. Tin and Lead Babbitts. Specifications. - Moscow: IPK Publishing House of Standards, 2001.

3. Beshevli, O. B. Features of the Thermal State of Babbitts during Mechanical Treatment / O. B. Beshevli, T. A. Duyun // Bulletin of Belgorod State Technical University named after V. G. Shukhov. - 2010. - No. 2 (85). - P. 75-81.
4. Chuev, K. V. Modeling the Thermal State of Babbitt during Milling / K. V. Chuev, O. B. Beshevli, T. A. Duyun // Bulletin of BSTU named after V. G. Shukhov. - 2010. - No. 2 (85). - P. 96-101.
5. Rezai, B. Effect of Pb-Sb-Sn Alloy Casting Temperature for Battery Plate Grid on Polarization during Oxygen Evolution in Lead Acid Batteries / B. Rezai, K. V. Chuev // Electrochemistry. - 2006. - Vol. 42, No. 4. - P. 401-405.
6. Jauch, U. Thermophysical Properties in the System Li-Pb. Pt. I-III / U. Jauch, G. Haase, V. Karcher, B. Schulz // Kernforschungszentrum Karlsruhe Report 4144. - 1986. - 82 p.
7. Ganiev, I. N. Anodic behavior of lead-antimony alloy CSU3 with potassium in a NaCl electrolyte medium / I. N. Ganiev, Sh. Sh. Okilov, B. B. Eshov, N. M. Mulloeva, Zh. Kh. Dzhalilov // Materials Science. - 2022. - No. 12. - pp. 33-38.
8. Ismonov, R. D. Effect of gallium and thallium on the microstructure and mechanical properties of aluminum-beryllium alloy / R. D. Ismonov, A. M. Safarov, S. S. Radzhabaliev, S. T. Baduridinov // Polytechnic Bulletin. Series: Engineering Research. - 2024. - No. 1 (65). - P. 65-68.

МАЪЛУМОТ ДАР БОРАИ МУАЛЛИФОН – СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ – INFORMATION ABOUT AUTHORS

TJ	RU	EN
Ганиев Изатулло Наврузович	Ганиев Изатулло Наврузович	Ganiev Izatullo Navruzovich
д.и.х., профессор	д.х.н., профессор	Doctor of Chemical Sciences, Professor
Донишгоҳи техники Тоҷикистон ба номи акад. М.С. Осимӣ	Таджикский технический университет им. акад. М.С. Осими	Tajik Technical University named after acad. M.S. Osimi
E-mail: ganievizatullo48@gmail.com		
TJ	RU	EN
Саидов Саидхожа Саймуродович	Саидов Саидходжа Саймуродович	Saidov Saidkhoja Saymurodovich
Ассистент	Ассистент	Assistant
Филиали Донишгоҳи миллии таджикотӣ технологияи МИСИС дар ш. Душанбе	Филиал Национального исследовательского технологического университета МИСИС в городе Душанбе	Branch of the National University of Science and Technology MISIS in Dushanbe
TJ	RU	EN
Махмадизода Муродали Махмадӣ	Махмадизода Муродали Махмади	Makhmadizoda Murodali Makhmadi
д.и.т., профессор	д.т.н., професор	Doctor of Technical Sciences, Professor
Донишгоҳи техники Тоҷикистон ба номи акад. М.С. Осимӣ	Таджикский технический университет им. акад. М.С. Осими	Tajik Technical University named after acad. M.S. Osimi
TJ	RU	EN
Окилов Шахром Шукурбоевич	Окилов Шахром Шукурбоевич	Okilov Shakhrom Shukurbovich
н.и.т.	к.т.н.	Candidate of Technical Sciences
Институти химии ба номи В.И. Никитинаи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон.	Институт химии им. В.И. Никитина Национальной академии наук Таджикистана	V. I. Nikitin Institute of Chemistry, National Academy of Sciences of Tajikistan
TJ	RU	EN
Идиев Идиҳуджа Шарифович	Идиев Идиҳуджа Шарифович	Idiev Idikhudja Sharifovich
н.и.т., муаллими калон	к.т.н., старший преподаватель	Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer
Донигоҳи миллии Тоҷикистон	Таджикского национального университета	Tajik National University